

**PEMANFAATAN ASAP CAIR UNTUK MENGENDALIKAN *Fusarium oxysporum* DAN  
*Meloidogyne* spp.  
THE USE OF LIQUID SMOKE TO CONTROL *Fusarium oxysporum* AND *Meloidogyne* spp.**

**Oleh:**

**Endang Mugiastuti dan Abdul Manan**

**Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman,  
Purwokerto**

**Jl. dr. Soeparno Grendeng Purwokerto 53122 Telp. 0281-638791**

(Diterima: 23 Desember 2008; Disetujui: 18 Maret 2009)

**ABSTRACT**

This research aimed at knowing 1) phenolic compound contents in the liquid, 2) kinds of tree dust as raw material of the liquid potentially, and 3) the liquid concentration effectively inhibiting growth of *Fusarium oxysporum* and *Meloidogyne* spp. in the laboratory. Both *in vitro* test of the liquid on *F. oxysporum* and the liquid test potentially on *Meloidogyne* spp. were designed by Randomized Block Design arranged with factorial. The first factor from the *in vitro* test was saw dust of albasia, waru, johar, or coconut trees and the second one was the liquid concentration, i.e., 0, 1, 2, or 3 percent. From the second test, the first factor was the same material and the second one was the concentration. Result of the research showed that 1) the liquid from waste of johar tree contained the highest phenol as 4,273.05 ppm, 2) the liquid from waste of albasia, waru, johar, and coconut trees potentially controlled the nematode in the laboratory with mortality up to 50%, while the most potential in inhibiting *F. oxysporum* was the liquid from coconut tree, 3) concentration of 3% was the best concentration in inhibiting *F. oxysporum* with the highest growth inhibition of colony diameter and dry weight was 90.23 and 90.04%, respectively, while concentration of 4% was the best concentration in resulting nematode mortality at the laboratory as 83.799%.

*Key words:* *Fusarium oxysporum*, *Liquid smoke*, *Meloidogyne* spp., *Tomato*.

**PENDAHULUAN**

Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) merupakan salah satu jenis sayuran buah yang sangat disukai masyarakat Indonesia. Peningkatan produksi tomat banyak menghadapi kendala. Menurut Semangun (2004) dan Wibowo (2005) penyakit layu *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* merupakan penyakit penting pada tanaman tomat di Indonesia. Keparahan penyakit layu meningkat dengan adanya serangan nematoda *Meloidogyne* spp (sinergi). Fenomena sinergi antara *F. oxysporum* dan *Meloidogyne* spp sudah dilaporkan pada tanaman tomat, kekacangan, kapas, dan jahe (France dan Abawi, 1994; Robert *et al.*, 1995; Abawi dan Chen 1998; Jeger dan Spence, 2001; Agrios

2005; Mugiastuti dan Manan, 2007).

Pengendalian penyakit layu tanaman tomat yang selama ini dilakukan hanya ditujukan pada satu penyebab saja sehingga hasilnya kurang memuaskan, dan selama ini pengendalian lebih menekankan pada pengendalian kimia. Namun, pengendalian kimia ternyata banyak menimbulkan dampak negatif. Oleh karena itu, perlu dicari pilihan cara pengendalian yang efektif untuk mengendalikan keduanya, tetapi ramah lingkungan serta murah dengan memanfaatkan sumber daya yang ada di sekitar petani.

Asap cair adalah campuran larutan dari penyebaran asap dalam air yang dibuat dengan mengembunkan asap hasil pirolisis kayu. Asap cair mengandung senyawa fenol dan asam

organik yang mempunyai sifat bioaktif sebagai antimikroba, sehingga dapat dimanfaatkan untuk keperluan perlindungan tanaman terhadap organisme pengganggu.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui (1) kandungan senyawa fenol dalam asap cair, (2) jenis serbuk kayu sebagai bahan baku asap cair yang berpotensi, dan (3) konsentrasi asap cair yang efektif menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* dan *Meloidogyne* spp. di laboratorium.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Lab. Nematologi Tumbuhan, dan Lab. Mikrobiologi, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fak. Pertanian Unsoed Purwokerto, selama 4 (empat) bulan. Uji kandungan senyawa fenol dilakukan di Fakultas Teknologi Hasil Pertanian UGM Yogyakarta.

Isolat *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* serta nematoda *Meloidogyne* spp yang digunakan diisolasi dari tanaman tomat sakit di Kabupaten Banyumas. Serbuk gergaji diperoleh dari industri penggergajian kayu di Kabupaten Banyumas. Pembuatan asap cair menggunakan metode Setiadji (2006 *dalam* Kompas, 2006).

Uji penghambatan asap cair terhadap *F. oxysporum* *in vitro* dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial. Faktor pertama yang dicoba adalah jenis serbuk gergaji bahan baku asap cair, yang terdiri atas Albasia, Kelapa, Waru, Mahoni, dan Johar. Faktor kedua yang dicoba adalah konsentrasi asap cair, yaitu 0, 1, 2, dan 3%.

Pengujian dilakukan dengan medium PDA yang telah dicairkan (9 ml), kemudian ditambahkan 1 ml asap cair pada masing-masing konsentrasi, dihomogenkan, dan dituang ke dalam cawan Petri. Setelah dingin

(padat), pada bagian tengah medium tersebut diletakkan potongan biakan jamur *F. oxysporum* ukuran 0,5 cm dan diinkubasi pada suhu kamar. Pengamatan meliputi diameter koloni, kepadatan konidium per mm<sup>2</sup>, dan berat kering miselium.

Uji potensi asap cair untuk mengendalikan nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.) di laboratorium menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial. Faktor pertama yang dicoba adalah jenis serbuk gergaji bahan baku asap cair, yang terdiri atas Albasia, Kelapa, Waru, Mahoni, Johar. Faktor kedua yang dicoba adalah konsentrasi asap cair yang terdiri dari lima taraf, yaitu 0, 1, 2, 3, dan 4%.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan cawan Petri yang telah diisi suspensi larva nematoda (9 ml), kemudian ditambahkan 1 ml asap cair pada masing-masing konsentrasi, dihomogenkan, dan diinkubasi. Pengamatan terhadap persentase mortalitas nematoda dilakukan setelah 24 jam perlakuan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kandungan Senyawa Fenol Asap Cair

Berdasarkan hasil analisis kandungan fenol menunjukkan bahwa semua asap cair dari berbagai jenis serbuk kayu yang dicoba mengandung fenol dengan konsentrasi yang beragam (Tabel 1). Adanya fenol dalam asap cair juga dilaporkan Akhirudin (2006); Dirjen Pengawasan Obat Dan Makanan (2006); Kompas (2006); dan Coconut Center Indonesia (2009). Menurut Serrot *et al.* (2007), kandungan fenol asap cair yang diperoleh ini dipengaruhi oleh jenis kayu sebagai bahan baku dalam pembuatan asap cair. Jumlah kandungan lignin dalam kayu diduga memengaruhi jumlah fenol total dalam asap

cair. Menurut Girard (1992 *dalam* Kompas, 2006) dan data Coconut Center Indonesia (2009), fenol merupakan hasil peruraian panas dari komponen lignin dalam kayu.

Tabel 1. Kandungan Fenol Total Asap Cair

Asap Cair	Kandungan Fenol (ppm)
Albasia	3.335,39
Waru	3.237,34
Mahoni	2.537,66
Kelapa	3.810,07
Johar	4.273,05

#### **Potensi Asap Cair dalam Menghambat *F. oxysporum* Secara *in vitro***

Hasil penelitian menunjukkan, kelima jenis asap cair mampu menghambat pertumbuhan diameter koloni, berat kering dan kepadatan konidium jamur *F. oxysporum* (Tabel 2), dan ini membuktikan bahwa asap cair tersebut bersifat toksin terhadap *F. oxysporum*. Hal ini sesuai dengan yang dilaporkan Labell (1996); Serrot *et al.* (2004); Dirjen Pengawasan Obat dan makanan (2006); Kompas (2006), Martinez *et al.*, (2007); dan Siskos *et al.* (2007), bahwa asap cair mempunyai sifat sebagai antimikroba.

Hasil analisis statistika menunjukkan, asap cair dari kelapa mempunyai aktivitas penghambatan tertinggi, dan terendah dari mahoni (Tabel 2). Tingginya penghambatan asap cair kelapa diduga berkaitan dengan kandungan bahan aktif yang dimilikinya (Tabel 1). Selain hal tersebut, kelapa dilaporkan mengandung berbagai senyawa asam dan karbonil, yang secara sinergis dengan fenol bersifat sebagai antimikroba (Akhirudin, 2006; Dirjen Pengawasan Obat Dan Makanan, 2006; Kompas, 2006; Coconut Center Indonesia, 2009).

Menurut Cowan (1999) dan Yuan *et al.* (2003), senyawa fenol yang terkandung pada asap cair bersifat antijamur, dengan cara menghambat kerja enzim yang dibutuhkan untuk menginfeksi tanaman. Oksidasi fenol, seperti quinon, mempunyai sifat antimikroba yang lebih dibanding fenol. Quinon juga berpengaruh pada pembentukan dinding sel jamur. Produk oksidasi fenol juga dapat memengaruhi pembentukan struktur seks jamur tertentu dan pengaturan metabolisme jamur (Misaghi, 1992; Oku, 1994; Semangun, 1996; Agrios, 2005 ).

Selain fenol, kandungan senyawa lain dari asap cair kelapa, seperti karbonil 11,3%, asam 10,2%, serta senyawa keton, aldehyd, lakton, alkohol, furan. dan ester (Akhirudin, 2006; Dirjen Pengawasan Obat Dan Makanan, 2006; Kompas, 2006; Coconut Center Indonesia, 2009), diduga juga berpengaruh terhadap penghambatan pertumbuhan jamur. Hal ini ditunjukkan dari hambatan asap cair kelapa yang masih lebih tinggi dibandingkan dengan asap cair johar yang mempunyai kandungan fenol tertinggi. Menurut Semangun (1996), adanya asam-asam, minyak, ester, fenol dan zat penyamak mempunyai peran dalam ketahanan tanaman terhadap serangan jamur. Namun, jenis senyawa lain yang juga sangat berperan dalam menghambat *F. oxysporum* tersebut masih perlu diteliti.

Konsentrasi asap cair berpengaruh nyata terhadap penghambatan diameter koloni dan berat kering jamur *F. oxysporum* (Tabel 2). Penghambatan pertumbuhan koloni dan berat kering meningkat sejalan dengan naiknya konsentrasi asap cair, karena peningkatan konsentrasi akan meningkatkan kandungan bahan aktif yang beracun bagi jamur. Pada konsentrasi 3 %, asap cair mampu

Tabel 2. Diameter Koloni, Berat Kering, dan Kepadatan Konidium *F. oxysporum* pada Pengujian Asap Cair secara *In Vitro*

Perlakuan	Diameter Koloni (mm)	Berat Kering (mg)	Kepadatan Konidium ( $\times 10^4$ konidium/ml)
Albasia	30,13 b	17,44 b	15,06 c
Waru	41,00 c	22,83 c	20,31 d
Mahoni	53,06 d	29,65 d	27,56 e
Kelapa	19,31 a	9,29 a	6,25 a
Johar	28,99 b	16,98 b	9,50 b
Kontrol (0%)	76,90 d	41,06 d	27,70 d
Konsentrasi 1 %	37,29 c	21,81 c	20,55 c
Konsentrasi 2 %	16,30 b	9,98 b	9,85 b
Konsentrasi 3 %	7,50 a	4,09 a	4,85 a
Albasia 0 %	77,25 f	42,35 e	34,50 f
Albasia 1 %	43,25 c	27,40 bc	25,75 cd
Albasia 2 %	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Albasia 3 %	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Waru 0 %	77,25 f	40,95 e	29,50 de
Waru 1 %	48,50 d	27,05 bc	27,25 cde
Waru 2 %	38,25 b	23,30 bc	24,50 c
Waru 3 %	0 00 a	0,00 a	0,00 a
Mahoni 0 %	76,50 f	40,95 e	31,00 ef
Mahoni 1 %	55,00 e	30,60 cd	30,25 e
Mahoni 2 %	43,25 c	26,60 bc	24,75 c
Mahoni 3 %	37,50 b	20,45 b	24,75 c
Kelapa 0 %	77,25 f	37,15 de	25,00 c
Kelapa 1 %	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Kelapa 2 %	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Kelapa 3 %	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Johar 0 %	76,25 f	43,90 e	18,50 b
Johar 1 %	39,70 bc	24,00 bc	19,50 b
Johar 2 %	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Johar 3 %	0,00 a	0,00 a	0,00 a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada baris dan kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata menurut DMRT 5%.

menimbulkan hambatan pertumbuhan diameter koloni dan berat kering tertinggi, yaitu masing-masing sebesar 90,25 dan 90,04%.

Hasil analisis statistika pengujian jenis asap cair pada berbagai konsentrasi terhadap *F. oxysporum* menunjukkan perbedaan yang nyata, baik pada diameter koloni, berat kering miselium maupun kepadatan koloni. Secara

umum, pada semua jenis asap cair, semakin besar konsentrasi asap cair, penghambatannya semakin besar pula. Hal ini dikarenakan terjadi peningkatan bahan aktif yang beracun bagi jamur. *F. oxysporum* sudah tidak mampu tumbuh pada medium yang mengandung asap cair kelapa 1%, albasia dan johar konsentrasi 2%, dan waru 3%.

### Potensi Asap Cair untuk Mengendalikan *Meloidogyne* spp. di Laboratorium

Hasil penelitian menunjukkan, asap cair yang dicoba mampu menimbulkan mortalitas pada larva *Meloidogyne* (Tabel 3). Hal ini membuktikan bahwa asap cair tersebut bersifat toksin terhadap *Meloidogyne*. Larva yang mati ditandai dengan gejala berupa kondisi larva lemah, gerakannya lamban, dan akhirnya mati. Tubuh larva lurus, kaku serta berwarna lebih buram. Hasil penelitian yang sama juga dilaporkan oleh Manan dan Mugiasuti (2007), bahwa asap cair dari limbah kayu kelapa mampu menimbulkan mortalitas nematoda di laboratorium dan menekan tingkat kerusakan akar.

Mortalitas yang ditimbulkan asap cair terhadap *Meloidogyne* cukup tinggi, yaitu di atas 50%, khususnya untuk albasia, waru, kelapa dan johar, sedangkan mahoni hanya sebesar 25,34% (Tabel 3). Hal ini menunjukkan keempat asap cair tersebut mempunyai potensi yang sama besar untuk pengendalian *Meloidogyne*.

Menurut Akhirudin (2006), data Dirjen Pengawasan Obat Dan Makanan (2006), data Kompas (2006), dan data Coconut Center Indonesia (2009), asap cair dilaporkan mengandung berbagai fenol, senyawa asam organik, dan karbonil. Nematoda sangat peka terhadap senyawa asam organik, sehingga kandungan asam organik dalam asap cair diduga mampu mengendalikan populasi nematoda *Meloidogyne* spp. Menurut Labell (1991), adanya asam organik akan menyebabkan kerusakan dinding sel bakteri. Namun demikian, jenis senyawa yang paling berperan maupun mekanisme peracunannya pada nematoda belum pernah diinformasikan.

Tabel 3. Mortalitas *Meloidogyne* spp. pada Pengujian Asap Cair di Laboratorium

Perlakuan	Mortalitas <i>Meloidogyne</i> spp. (%)
Albasia	51,288 b
Waru	54,312 b
Mahoni	25,335 a
Kelapa	54,480 b
Johar	51,326 b
Kontrol (0%)	1,896 a
Konsentrasi 1%	22,871 b
Konsentrasi 2%	53,749 c
Konsentrasi 3%	74,426 d
Konsentrasi 4%	83,799 e
Albasia 0%	1,145 a
Albasia 1%	22,425 c
Albasia 2%	58,315 g
Albasia 3%	79,365 i
Albasia 4%	95,190 j
Waru 0%	2,065 a
Waru 1%	20,790 c
Waru 2%	70,255 h
Waru 3%	84,655 i
Waru 4%	93,795 j
Mahoni 0%	2,175 a
Mahoni 1%	10,260 b
Mahoni 2%	26,970 c
Mahoni 3%	40,545 de
Mahoni 4%	46,725 ef
Kelapa 0%	2,010 a
Kelapa 1%	34,845 d
Kelapa 2%	53,205 fg
Kelapa 3%	85,205 i
Kelapa 4%	97,135 j
Johar 0%	2,085 a
Johar 1%	26,035 c
Johar 2%	60,000 g
Johar 3%	82,360 i
Johar 4%	86,150 i

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada baris dan kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata menurut DMRT 5%.



Konsentrasi asap cair berpengaruh nyata terhadap mortalitas larva *Meloidogyne*. Konsentrasi 1% menimbulkan mortalitas 22,87%. Peningkatan mortalitas sejalan dengan naiknya konsentrasi asap cair. Pada konsentrasi asap cair 4% sudah dicapai konsentrasi efektif, yaitu mampu menimbulkan mortalitas sampai 83,80% (Tabel 3). Hal ini dikarenakan peningkatan konsentrasi akan meningkatkan kandungan bahan aktif yang beracun bagi nematoda.

Hasil analisis statistika mortalitas nematoda pada pengujian jenis asap cair pada berbagai konsentrasi menunjukkan perbedaan yang nyata. Secara umum, pada semua jenis asap cair, semakin besar konsentrasi asap cair, mortalitas nematoda semakin besar pula. Kecuali pada asap cair mahoni, pada konsentrasi 3% mortalitas nematoda telah mencapai 80%. Mortalitas tertinggi terjadi pada perlakuan asap cair kelapa 4% sebesar 97,14%, walaupun ini tidak berbeda nyata dengan perlakuan albasia dan waru 4%. Kualitas dan kuantitas asap cair yang dihasilkan tergantung dari bahan baku jenis kayu yang digunakan. Kandungan senyawa aktif pada asap cair terutama dipengaruhi oleh kandungan lignin dan selulosa dari kayu (Girard, 1992 dalam Kompas, 2006; Serrot *et al.*, 2007; Coconut Center Indonesia, 2009).

## KESIMPULAN

1. Asap cair dari limbah kayu johar mempunyai kandungan fenol tertinggi sebesar 4273,05 ppm.
2. Asap cair dari limbah kayu albasia, waru, johar, dan kelapa berpotensi untuk mengendalikan nematoda dengan mortalitas di laboratorium di atas 50%, sedangkan yang paling berpotensi dalam menghambat *F. oxysporum* adalah asap cair dari limbah

kayu kelapa.

3. Konsentrasi 3% merupakan konsentrasi terbaik dalam menghambat *F. oxysporum* dengan penghambatan pertumbuhan diameter koloni dan berat kering tertinggi masing-masing sebesar 90,25 dan 90,04%, sedangkan konsentrasi 4% merupakan konsentrasi terbaik dalam menimbulkan mortalitas nematoda di laboratorium sebesar 83,799%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Jenderal Soedirman melalui Anggaran Rutin yang telah mendanai penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abawi, G.S. and J. Chen. 1998. Concomitant Pathogen and Pest Interaction. Pp. 135-158. In: J.M. Bartels (Ed.), *Plant and Nematode Interactions*. American Society of Agronomy, Madison.
- Agrios, G.N. 2005. *Plant Pathology*, 5<sup>th</sup> edition. Academic Press, San Diego.
- Akhirudin. 2006. Asap Cair Tempurung Kelapa sebagai Pengganti Formalin. (On-line). <http://www.indonesiaindonesia.com/f/13191-asap-cair-tempurung-kelapa-pengganti-formalin>, diakses 18 Januari 2009.
- Coconut Center Indonesia. 2009. Asap Cair (Liquid Smoke). (On-line). [http://www.alcoconut.multiply.com/journal/item/6/ASAP\\_CAIR\\_LIQUID\\_SMOKE](http://www.alcoconut.multiply.com/journal/item/6/ASAP_CAIR_LIQUID_SMOKE) diakses 31 Januari 2009.
- Cowan, M.M. 1999. *Plant Product As Anti Microbial Agent*. (On-line). <http://w.w.w.asumsa.org> diakses 19 April 2006.
- Dirjen Pengawasan Obat Dan Makanan, 2006. *Asap Cair*. (On-line). [http://www.pom.go.id/public/berita\\_aktual/](http://www.pom.go.id/public/berita_aktual/) diakses 7 Februari 2007.

- France, R.A. and G.S. Abawi. 1994. Interaction between *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* on selected bean genotypes. *Journal Nematology* 26:467-474.
- Jeger, M.J. and N.J. Spence. 2001. *Biotic Interactions in Plant-Pathogen Associations*. CABI Publishing, New York.
- Kompas, 2006. UGM Perkenalkan Asap Cair Pengganti Formalin. (On-line). <http://www.kompas.com/teknologi/news/0601/185618.htm/> diakses 7 Februari 2007.
- Labell, F. 1996. Food Safety Through Liquid Smoke. (On-line). [http://www.findarticle.com/p/articles/mi\\_m3289/is\\_n12\\_u165/ai\\_18933249](http://www.findarticle.com/p/articles/mi_m3289/is_n12_u165/ai_18933249) diakses 5 Februari 2009.
- Manan, A. dan E. Mugiastuti. 2007. Potensi Asap cair Dalam Mengendalikan Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne* spp.) dan menyelamatkan Hasil Tanaman Tomat. *Laporan Penelitian*, Fakultas Pertanian Unsoed, Purwokerto. (Tidak dipublikasikan).
- Martinez, O., J. Salmeron, M.D. Guillen, and C. Casas. 2007. Textural and physicochemical changes in salmon treated with commercial liquid smoking flavouring. *Food Chemistry* 100(2):498-503.
- Misaghi, I.J. 1982. *Physiology and Biochemistry of Plant-Pathogen Interactions*. Plenum Press, New York.
- Mugiastuti, E. dan A. Manan. 2007. Keparahan Penyakit Busuk Rimpang jahe *Fusarium oxysporum* dengan Keberadaan Nematoda *Meloidogyne* spp. suatu Sinergisme, serta Pemanfaatan Tanaman Meliaceae untuk Mengendalikannya. *Laporan Penelitian*, Fakultas Pertanian Unsoed, Purwokerto. (Tidak dipublikasikan).
- Oku, H. 1994. *Plant Pathogenesis and Disease Control*. Lewis Publisher, Tokyo.
- Semangun, H. 1996. *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Semangun, H. 2004. *Penyakit-penyakit Tanaman Hortikultura Di Indonesia*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Serot, I., R. Baron, C. Knockaert, and J.L. Vallet. 2004. Effect of smoking processes on the contents of 10 major phenolic compound in smoked fillet of herring (*Cuplea harengus*). *Food Chemistry* 85(1):111-120.
- Siskos, I., A. Zotos, S. Melidou, and R. Tsikritzi. 2007. The effect of liquid smoking of trout (*Salmo gairdnerii*) on sensory, microbiological and chemical changes during chilled storage. *Food Chemistry* 101(2):458-464.
- Wibowo, A. 2005. Kemampuan Strain Bakteri Antagonis terhadap *Fusarium* Penyebab Layu pada Tomat dalam Kolonisasi Perakaran Tomat. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia* 11(2):66-76.
- Yuan, F., C. Zhang, and Q.R. Shen. 2003. Alleviating effect of phenol compounds on cucumber *Fusarium* wilt and mechanism *Agricultural Sciences In China* 2(6):647-652.